

BIBLIOGRAPHIE

CATI, F. et CO-AUTEURS: *Biostratografia del néogène mediterraneo basata sui foraminiftri planctonici*. Bol. Soc. Geol. Italiana, vol. 87, p. 491-503 (1968).

CHAUVE, P.: *Etude géologique du N. de la province de Cadix (Espagne méridionale)*. Thèse Sc. Paris et Mem. Inst. Geol. Min. Esp., t. 69, 377 p., 18 pl., 1 carte couleur (1967).

FONTBOTE, J. M.: *Tectoniques superposées dans la Sierra Nevada (cordillères Bétiques, Espagne)*. C. R. Acad. Sc. Paris, t. 245, p. 1324-1326 (1957).

MAUTHE, F.: *La geología de la Sierra de Ronda (Cordillera bética occidental)*. Bol. Geol. Min. Esp., t. LXXX-I, p. 1-36 (1971).

MONTENAT, Ch., BIZON et J. J.: *Remarques sur le Néogène du forage Joides 121 en mer d'Alboran (Méditerranée occidentale)*. But. Soc. Geol. de France (7), XVII, n.º 1, p. 45-51 (1975).

OVTRACHT, A.; TAMAIN, G.: *Tectonique en Sierra Morena (Espagne)*. C.r. Acad. Sc., París, série D, p. 2634-2636, (1970).

REY PASTOR, A.: *Estudio morfo-tectónico de la falla del Guadalquivir*. Inst. Geográf. Cat. Madrid, 1 vol., 48 p. (1954).

VIGUIER, C.: *Le néogène de l'Andalousie Nord-Occidentale (Espagne). Histoire géologique du "Bassin" du Bas-Guadalquivir*. Thèse de Doct. Sc. Bordeaux, 1 vol., 450 p. (1974).

Recibido: Enero 1976.

# Aplicaciones de los mapas geomorfológicos a la planificación urbana con un ejemplo de Tenerife

Por L. GONZALEZ DE VALLEJO (\*)

## RESUMEN

Se consideran las principales aplicaciones de los mapas geomorfológicos, y se discuten sus características más importantes, en orden a proporcionar la información más relevante para diversos fines de aplicación y, en especial, la planificación urbana. Como ejemplo, se presenta el mapa geomorfológico de Santa Cruz - La Laguna (Tenerife).

## ABSTRACT

The role of geomorphological mapping for planning and engineering purposes is discussed. Different types of geomorphological mapping, scales and symbols are considered in order to provide the way of presentation of geomorphological information for practical uses. To illustrate these aspects the geomorphological map of an area from Tenerife is presented as an example.

## INTRODUCCION

Un mapa geomorfológico es el resultado de la expresión gráfica del relieve, su litología, y de los procesos geodinámicos que han actuado en el pasado y actúan en el presente. Por consiguiente, un mapa geomorfológico acerca de la morfología, morfometría, morfogénesis y morfocronología.

Fue en Polonia, años ron mapas geomorfológicos Posteriormente, su uso se ha extendido y generalizado a gran parte de los países europeos.

De la experiencia adquirida en dichos países, se deduce, que muy pocos mapas presentan toda la información requerida por un mapa geomorfológico. La causa de esta falta de homogeneidad en el contenido de los citados mapas reside, en parte, en la dificultad práctica de llevar conjuntamente sobre un mismo mapa, morfología, morfometría, morfogénesis y morfocronología.

(\*) Empresa Nacional ADARO, Serrano, 116, Madrid.

mayor atención a la litolo lieve, mientras que la morfolog quedan relegadas a un papel muy secundario. Los mapas rusos son de los más completos, sin embargo, los datos morfométricos están prácticamente ausentes, siendo de poco valor para usos prácticos. Los realizado pesar de la gran información que ellos contienen (FAIRBRIDGE, 1968), pero los aspectos litológicos están escasamente representados. Por otro lado, existe una creciente tendencia a orientar la cartografía geomorfológica determinada y, por tanto, a señalar solamente aquella información que sea más relevante al fin propuesto.

### Tipos de mapas geomorfológicos.

Como consecuencia de presentar la información geomorfológica pretación, y de preparar mapas geomorfológicos cia fines prácticos, se tiende a presentar los siguientes tipos de mapas:

**Mapas morfológicos.**—En los que se incluye la descripción del relieve, sus perfiles, gradientes y roturas de pendiente. También se incluyen datos morfométricos acerca de las dimensiones del relieve. Estos mapas aportan información de gran valor para la planificación territorial, ingeniería civil y agricultura. Así, la inclinación de las pendientes puede representar un factor de carácter restrictivo para distintos usos.

serie de taludes críticos para diversas actividades. Siendo este factor tan importante y sensible, es cada vez más frecuente agrupar las pendientes en varias categorías. Para fines de aplicación e ingeniería se sugiere emplear las siguientes: 0-2,5; 2,5-5; 5-10; 10-20; superior a 20 (expresadas en tanto por ciento).

**Mapas morfogenéticos.**—En los que se definen el origen y desarrollo del relieve con descripciones genéticas (v. g., llanura aluvial arenosa). La forma y composición de los materiales también deben incluirse, al estar íntimamente unidos al proceso.

**Mapas morfocronológicos.**—Consistentes en la clasificación y representación gráfica de las formas de acuerdo con su edad.

Entre las simbologías más aceptadas y empleadas están las presentadas por FAIRBRIDGE (1968) y DEMEK (1972).

tegrar en el mismo mapa toda la información geomorfológica. Necesariamente resultan a la vez de muy completas, largas y complejas.

CUADRO 1

*Pendientes críticas para usos específicos, según Crofts (Publicado por Cooke et al. 1974)*

Pendientes en tanto por ciento	Críticas para
1	Aeropuertos internacionales.
2	Red principal de ferrocarriles. Aeródromos locales.
4	Red principal de carreteras.
5	Maquinaria agrícola para siega y siembra. La erosión del suelo comienza a ser problema.
8	Viviendas, carreteras. Desarrollo urbano e industrial.
9	Máximo absoluto para ferrocarriles.
10	Maquinaria agrícola pesada. Desarrollo industrial y urbano a gran escala.
15	Tractores tipo standard.
20	Absoluta para todo tipo maquinaria agrícola, viviendas residenciales y caminos.

Al ser los mapas morfológicos los que más información prestan a la planificación e ingeniería, conviene que su simbología sea, a la vez de sencilla, fácil de interpretar. Las simbologías empleadas por COOKE et al. (1974) y ANON (1972), parecen ser las más aceptadas para estos fines, mostrándose en la figura 1 un ejemplo de aplicación de las mismas.

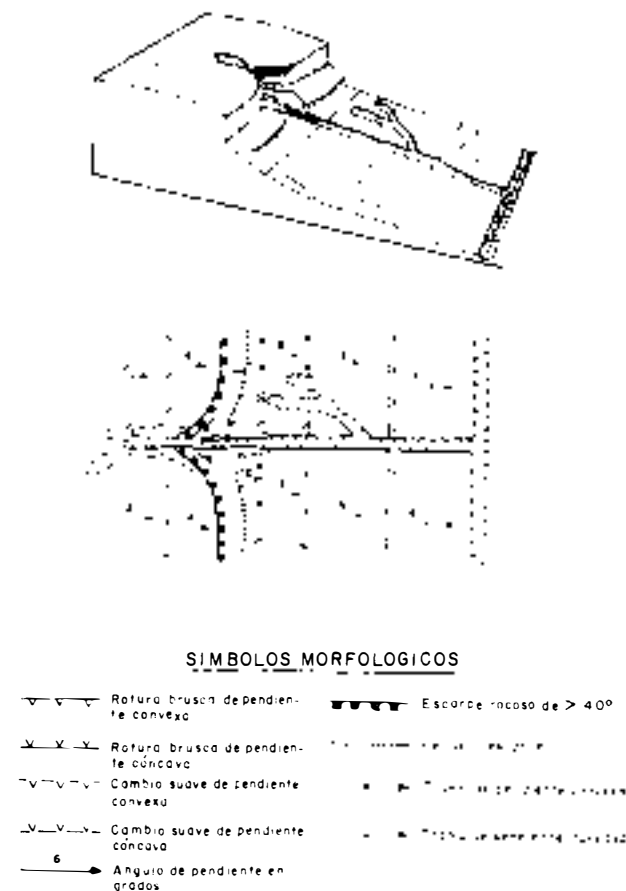


Figura 1

La elección de la escala del mapa debería estar determinada por la naturaleza de la topografía y por el uso al cual va a ser destinado el mapa. En áreas de gran complicación topográfica, la escala recomendada es la 1:10.000. Donde el relieve es moderado, las escalas indicadas pueden estar comprendidas entre 1:10.000 y 1:50.000; para escalas superiores es difícil registrar el significado de las discontinuidades de las pendientes. Para mapas aplicados a la planificación o ingeniería, las escalas van ligadas a las fases del proyecto y grado de definición

de los trabajos requeridos. Atendiendo a estos factores, se puede establecer la siguiente división:

**Mapas de pequeña escala.**—Adecuados para el reconocimiento de grandes áreas a escalas comprendidas entre 1:20.000 y 1:60.000. La información morfológica es la fundamental junto con la litológica. Las aplicaciones más usuales son: planificación y evaluación territorial, estudios de viabilidad y selección de emplazamientos o rutas. Su realización puede efectuarse rápidamente y a bajo coste, siempre que se disponga de adecuada información topográfica y de fotos aéreas. Su principal valor puede encontrarse en las etapas de estudios previos y donde la información geológica sea escasa.

**Mapas de gran escala.**—Adecuados para estudios específicos para la ingeniería civil. Sus escalas oscilan entre la 1:10.000 y 1:500. En base a su aplicación estos mapas pueden dividirse en: mapas de reconocimiento, de investigaciones "in situ" y de construcción.

#### Aplicaciones de los mapas geomorfológicos.

Debido a la numerosa información contenida en un mapa geomorfológico y a la naturaleza de la misma, los mapas geomorfológicos pueden ser aplicados a múltiples usos. En ellas se da un resumen de las más importantes.

CUADRO 2

*Aplicaciones de los mapas geomorfológicos en el desarrollo económico y en la planificación Según Demek (1972)*

#### Usos del territorio:

- Planificación territorial y regional. Conservación del medio ambiente.

#### Agricultura:

- Utilización y conservación del suelo. Control de la erosión. Drenaje y regadíos.

#### Ingeniería Civil y Urbanismo:

- Planificación y ordenación urbana. Comunicaciones. Canales, presas y embalses. Puertos y protección de costas.

#### Prospección y explotación de recursos naturales:

- Prospección geológica. Explotación minera. Recuperación de áreas afectadas por explotaciones mineras.

Si se analiza el contenido de los citados mapas, se observará que los aspectos morfológicos proporcionan una unión directa con los mapas geológico-ingenieriles (ANON, 1972). Los aspectos litológicos y morfogenéticos están relacionados con la hidrología, mecánica del suelo y mecánica de rocas, aportando así una importante ayuda en las investigaciones geotécnicas. Los aspectos morfocronológicos hacen posible separar a las formas activas de las inactivas, y predecir los efectos de cualquier modificación antropológica en el relieve. La ingeniería de carreteras y la planificación urbana se han seleccionado como ejemplos para ilustrar las aplicaciones de la cartografía geomorfológica.

Los mapas geomorfológicos pueden contribuir destacadamente a la resolución de los problemas que presentan los proyectos de carreteras. BRUNSDEN et al. (1975) describen detalladamente las técnicas de cartografía geomorfológica y sus aplicaciones al diseño de carreteras, indicando los siguientes problemas específicos a los que la geomorfología puede contribuir de forma eficaz en su resolución:

- Identificación de las características principales del terreno afectado por el corredor preseleccionado, proveyendo así, las bases para una evaluación de soluciones alternativas.

- Definición de las características de la ruta seleccionada, identificando las influencias del corredor fuera de sus límites.

- Presentación de una sinopsis del desarrollo geomorfológico del área con especial referencia a la disponibilidad de materiales de construcción, y a la presencia de procesos que pudieran afectar a la construcción y seguridad de la carretera.

- Definición de los riesgos específicos en el corredor y sus inmediaciones, especialmente aquellos relacionados con la estabilidad de taludes y la acción fluvial.

- Descripción y localización de las características del drenaje superficial y sub-superficial, aportando datos para el diseño y presupuesto de las medidas de drenaje.

- Clasificación de taludes basadas en la inclinación, composición del material, modo de desarrollo y estabilidad para asistir a la estimación de desmontes y rellenos, así como a las medidas de estabilización.

- Caracterización de la extensión, tipo, profundidad y grado de la zona meteorizada; desarrollo cárstico, subsidencia minera y erosión.

— Definición de las unidades geomorfológicas en orden a proveer un marco, dentro del cual, las investigaciones geotécnicas puedan ser diseñadas con la óptima localización; y a proporcionar un medio de correlación entre las propiedades geotécnicas de los materiales.

Como ejemplo de aplicación de la cartografía geomorfológica a la planificación urbana se presenta, a continuación, el estudio realizado en una zona de Tenerife.

*Mapa geomorfológico de una zona de Tenerife.*

En la zona comprendida entre Santa Cruz y La Laguna (Isla de Tenerife), se levantó un mapa geomorfológico a escala 1:25.000 (lámina 1), con el objeto de prestar información sobre los siguientes aspectos:

- Morfología
- Estabilidad de las laderas.
- Identificación de las zonas sujetas a erosión y sedimentación activa y potencial.
- Red de drenaje, procesos fluviales y costeros.
- Distribución y características morfológicas de las manifestaciones volcánicas externas.

El estudio comprendió un reconocimiento previo de la zona, un análisis foto-morfológico, y una toma de datos “in situ” con apoyo del clisímetro. Se dispuso de un mapa geológico a escala 1.25.000, un plano topográfico de restitución fotogramétrica a escala 1.25.000, y fotos aéreas a escala aproximada 1:33.000.

Los aspectos geomorfológicos analizados incluyeron estudios morfogenéticos, morfológicos y morfométricos.

La investigación morfogenética requirió del conocimiento geológico de la zona, identificándose las siguientes unidades morfogenéticas:

- Las estribaciones del Macizo de Anaga.
- Los llanos de La Laguna.
- La vertiente Sur-Este.

El macizo de Anaga constituye el límite Norte y Noroeste del marco estudiado. Está formado por el apilamiento de lavas basálticas y mantos de piroclastos, siendo, geológicamente, la unidad más antigua de la zona. Representa los espaldones de una cordillera que muestra sus viejas estructuras

desmanteladas por un proceso erosivo muy prolongado e ininterrumpido, dando algunos cerros testigos como la Mesa Mota y el Pulpito. Elevadas pendientes y profundos barrancos configuran un relieve muy abrupto que se eleva desde el mar, en la zona Sur-Este, hasta cotas superiores a los 870 metros.

Los llanos de La Laguna, Las Mercedes y parte de Los Rodeos, corresponden a la acumulación de materiales arcillo-limosos en un valle, cuya salida fue obstruida por coladas. Las escasas pendientes y ausencia de accidentes morfológicos determinan un relieve llano, situado en una altiplanicie a 550 metros de altura, aproximadamente. La vertiente Sur-Este arranca de la mencionada cota 550 y se prolonga en un perfil convexo de pendientes variables hasta el litoral. Dichas pendientes no suelen pasar de 10º hasta llegar a la cota 110, en que las coladas caen en cascada al mar, dando pronunciados escarpes. Su estructura general responde al apilamiento de coladas emitidas desde centros situados en las alineaciones dorsales, cuyas emisiones se dirigieron según la máxima pendiente.

Numerosos volcanes, posteriores a estas emisiones, destacan este relieve, erigiendo conos de cinder de cumbre en cúpula con alturas comprendidas entre los 100 y 300 metros.

Muchos de estos conos conservan bien definido su cráter, si bien, existen abundantes centros de emisión sin cráter y algunos escudos volcánicos situados al Sur de La Laguna.

Una red algo rectilínea y dentrítica de barrancos de escasa profundidad corta a las formaciones lávicas, con direcciones predominantes hacia el Sur-Oeste. Excepcionalmente, el Barranco de Santos se encaja profundamente y va bordeando el límite del macizo de Anaga, desembocando en Santa Cruz.

Por incluirse en el mismo proyecto un mapa geológico de la zona, a escala 1:25.000, no se representaron datos litológicos en el mapa geomorfológico. Sin embargo, los aspectos morfológicos, morfométricos y algunos procesos dinámicos de relevancia al fin propuesto, constituyeron la principal información representada gráficamente.

De las consecuencias que del mapa geomorfológico se derivan, la inclinación de las pendientes es, sin duda, uno de los factores que más destacadamente influye sobre la planificación y desarrollo urbano. Este factor constituye un criterio exclu-

y morfometría de las pendientes.



yente y selectivo, cuya repercusión económica se ejercerá a lo largo de todo el plan urbano.

Ante la importancia de este factor, se agruparon las pendientes según las siguientes categorías: 0-2,5, 2,5-5, 5-10, 10-15, 15-20 y superior a 20 (expresadas en tanto por ciento), representándolas sobre un mapa a distintos colores. De la misma forma se agruparon las pendientes con criterios de evaluación urbana, y se presentaron en otro plano coloreado, para indicar verde u óptimo, amarillo o restringido y rojo o inadecuado, y de acuerdo con las siguientes categorías:

- Optimo, menor del 5 por ciento.
- Favorable, entre el 5 y el 10 por ciento.
- Restringido, entre el 10 y el 20 por ciento.
- Inadecuado, superior al 20 por ciento.

Este sistema permitió separar de manera directa y simple las zonas más adecuadas para el desarrollo urbano de las menos favorables, de acuerdo con la inclinación de pendientes.

diseño de las investigaciones geotécnicas y en la predicción de los efectos de cualquier modificación antropogénica en el relieve.

Los mapas geomorfológicos aportan criterios de importancia decisiva en la planificación urbana que, en muchos casos, constituyen factores excluyentes y solectivos. A través del ejemplo presentado se ilustran algunos de estos aspectos, así como las consecuencias e influencias que de los mismos se derivan sobre la planificación urbana.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a don Francisco García Talavera la colaboración prestada en la medida de pendientes, y a don Javier Pedraza sus comentarios durante la preparación del manuscrito. Asimismo agradece a la Empresa Nacional Adaro y al Instituto Geológico y Minero las facilidades dadas para la publicación de este trabajo.

CONCLUSIONES

Los mapas morfológicos aportan una apreciación integrada y completa del relieve, indicando la clase y magnitud de los procesos exógenos que sobre él se operan.

Por la naturaleza de su información, los mapas geomorfológicos pueden ser de gran utilidad para la planificación territorial, ingeniería civil, agricultura y prospección y explotación de los recursos naturales.

Los mapas geomorfológicos tienen su principal utilidad en las etapas iniciales de investigación, y pueden tomarse como base para los mapas geológico-ingenieriles. Asimismo pueden contribuir al

BIBLIOGRAFIA

ANON: *The preparation of Maps and Plans in terms of Engineering Geology*. "Q. Jl. Engng. Geology", 5, 293-381 (1972).

BRUNSDEN, D., et al.: *Large scale geomorphological mapping and Highway engineering design*. "Q. Jl Engng. Geology", 8, 227-254 (1975).

COOKE, D. N., & DOORNKAMP, J. C.: *Geomorphology in Environmental Management*, 413 pp., Clarendon Press, Oxford (1974).

DEMEK, J.: *Manual of Detailed Geomorphological Mapping*. Academia, Prague, 369 pp. (1972)

FAIRBRIDGE, R. D.: *The Encyclopedia of Geomorphology*. Reinhold Book Corp., New York, 1295 pp. (1968).

Recibido: Junio 1976.